

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-51890

(43) 公開日 平成10年 (1998) 2月20日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

H04R 3/04

H04R 3/04

H03H 17/02

601

9274-5J

H03H 17/02

601

Z

H04S 1/00

H04S 1/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平8-219244

(22) 出願日

平成 8 年 (1996) 7 月31日

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目12番  
地

(72) 発明者 中曾 二郎

神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目12番  
地 日本ビクター株式会社内

(72) 発明者 宇田川 智之

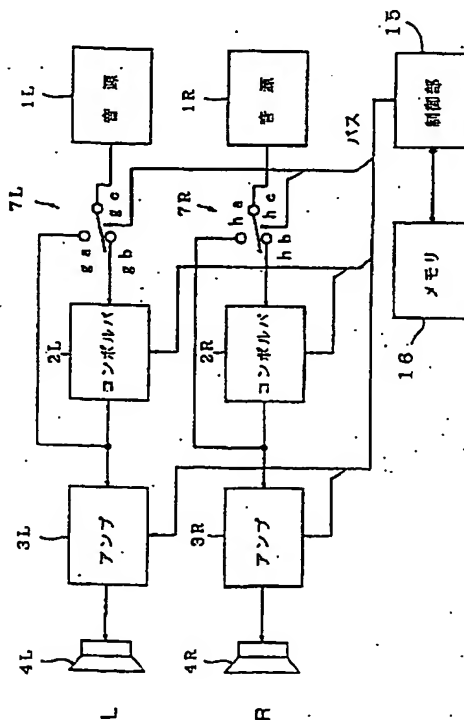
神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目12番  
地 日本ビクター株式会社内

(54) 【発明の名称】 オーディオ信号伝送回路

(57) 【要約】

【課題】 スピーカやヘッドホンで避けられなかった特に高音域の音像のゆがみを除去して自然なオーディオ信号を楽しむことができるオーディオ信号伝送回路系に設けたコンボルバの係数を求めるコンボルバの係数演算装置を得る。

【解決手段】 切換器 7 L、7 R を制御してスピーカ 4 L、4 R の応答特性を実測し、コンボルバ 2 L、2 R の補正フィルタ係数を求めるとともに、求めた係数をコンボルバ 2 L、2 R に与えて畳み込み演算することによりスピーカの補正を行うように制御する際、特定特性のインパルス応答  $f_0(t)$  をスピーカ特性に依存して所定の中域の周波数帯域をフラットにし、それより高い帯域のピークレベルのみを抑制できるように、コンボルバ 2 L、2 R のフィルタ係数としてに設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】音源からの信号を、設定された係数に応じて畳み込み演算処理して出力するコンボルバと、トランスデューサを含む所定の測定系を用い、前記トランスデューサに所定音源からのオーディオ信号を与えて、前記トランスデューサ近傍の測定位置において予め測定されたインパルス応答波形  $h(t)$  を基にして、前記測定位置における前記インパルス応答波形  $h(t)$  の特定特性のインパルス応答  $f_0(t)$  の所定の中域において、所定帯域より低い方の帯域が平坦になり、それより高い帯域における所定レベル以上のレベルのみが所定レベルに抑制処理されて、算出された逆フィルタ用係数を前記コンボルバに供給する係数供給手段と、を有するオーディオ信号伝送回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、オーディオ信号伝送回路に関し、より具体的には、ハイファイオーディオ装置のスピーカの応答特性の補正を行い、忠実な原音質を再現するオーディオ信号伝送回路に設けたコンボルバの係数を求めるコンボルバの係数演算装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、スピーカシステムにおいて、デジタルフィルタを用いることにより、スピーカシステムの音圧・群遅延特性を平坦化して、スピーカの応答特性の補正を行い、忠実な原音質を再現するような工夫が行われている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、そのスピーカシステムの音圧・群遅延特性の平坦化を行うに際して、それを阻む要因として主に次の3点が挙げられる。

- 1) スピーカキャビネットの回折及び反射による要因。
- 2) アナログフィルタによる位相回転による要因。
- 3) スピーカユニットにおける振動板（周囲の支持系を含む）の分割振動による要因。

このうち、上記1)及び2)の要因については、それほど問題なく補正が可能である。

【0004】しかしながら、3)の要因については、かなり難しい補正となる。この3)の要因となる分割振動は、特に、周波数の高い帯域において発生しがちで、そのような高い周波数の場合にはスピーカコーンの各固有の振動モードに応じて分割振動が生じ、うねり等の複雑な振動が生じてしまう。このような複雑な振動を、単に音圧レベルを平均化することにより抑えることは難しい。それ故に、視聴者にとって今一つ高域側において、高忠実度な音源の再生が得られないと言う問題点があった。そこで、本発明は、このような問題点を解決したオーディオ信号伝送回路を提供しようというものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、次の基本的な

考え方に基づいて成されたものである。スピーカは、振動板が一体として振動している帯域を使用するのが理想的であるが、実際にはピーク及びディップを伴って振動している帯域も使用せざるを得ない場合も多く、まず、上記の1)及び2)の要因については、分割振動が生じにくく、コーン全体が振動するような帯域であり、ピークとディップを平均化することで解決できると考えられる。

【0006】次に、問題となる前記帯域以上においては、上記3)で挙げた分割振動が生じることから、スピーカコーンが全体的に振動し、しかも、それぞれの固有振動に起因してうねりが生じていると考えられることから、単に、前記1)及び2)の解決策のようにピークとディップとを平均化したとしても、かえって、複雑なうねりを生じさせかねない。そのため、この帯域においては、平均レベル以上の音圧のみを抑え、平均レベル以下の音圧はそのままの状態にしておくことで、複雑なうねりの発生を防ぎ実質的に平坦なレベルにしようという考え方である。

【0007】その解決手段としては、音源からの信号を、設定された係数に応じて畳み込み演算処理して出力するコンボルバと、トランスデューサを含む所定の測定系を用い、前記トランスデューサに所定音源からのオーディオ信号を与えて、前記トランスデューサ近傍の測定位置において予め測定されたインパルス応答波形  $h(t)$  を基にして、前記測定位置における前記インパルス応答波形  $h(t)$  の特定特性のインパルス応答  $f_0(t)$  の所定の中域において、所定帯域より低い方の帯域が平坦になり、それより高い帯域における所定レベル以上のレベルのみが所定レベルに抑制処理されて、算出された逆フィルタ用係数を前記コンボルバに供給する係数供給手段と、を有するオーディオ信号伝送回路を提供するものである。

## 【0008】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態につき、好ましい実施例により説明する。図1は、本発明のオーディオ信号伝送回路の一実施例を示す構成図である。同図において、2チャンネルステレオ方式の音源1L、1Rは所定のオーディオ信号ソースである。スピーカの応答特性を補正して振幅及び位相特性を同時に補正するためのコンボルバ2L、2Rと、アンプ3L、3Rがスピーカ4L、4Rと音源1L、1Rの間に設けられている。

【0009】15は後述する切換器を切換制御してスピーカ4L、4Rの応答特性を実測してコンボルバの補正フィルタ係数を求めるとともに、その求めた補正フィルタ係数をコンボルバ2L、2Rに与えて畳み込み演算することによりスピーカの補正を行うように制御する制御部である。

【0010】スピーカ4L、4Rの応答特性の実測に基づいて求めた補正フィルタ係数を記憶するためのメモリ

16 が設けられており、制御部 15 の制御に基づいてスピーカ 4 L、4 R の応答特性を実測時にはオーディオ信号の伝送系路からコンボルバ 2 L、2 R を切り離し、スピーカ 4 L、4 R の応答特性の補正時にはオーディオ信号の伝送系路にコンボルバ 2 L、2 R を設けるように切り換えるための切換器 7 L、7 R が設けられている。

【0011】すなわち、図 1 に示す構成は、スピーカ 4 L、4 R のインパルス応答を測定し、スピーカ 4 L、4 R の特性を打ち消し平坦な特性に補正すべく、オーディオ信号の伝送系路に設けたコンボルバ 2 L、2 R のフィルタ係数を計算制御することにより、振幅と位相を同時に補正して伝送特性の所定の帯域のみを一定に保ち、音質の改善を図って忠実な原音質を再現するようにして、例えばスピーカやヘッドホンで避けられなかった音像のゆがみを除去して自然なオーディオ信号を楽しむことができるようにするものである。

【0012】ここで、コンボルバ 2 L、2 R のフィルタ係数は、図 2 に示す測定システムにより係数データとして演算される。すなわち、図 2 は、図 1 において、切換器 7 L、7 R を端子 g a、h a 側にそれぞれ接続してコンボルバ 2 L、2 R を設けない状態で、図示しない無響室内で聴取位置に相当する測定位置に設けられたマイクロホン 8 により、この位置におけるスピーカ 4 L、4 R のインパルス応答を測定し、スピーカ 4 L、4 R の応答特性を打ち消し、平坦な特性に補正すべく、オーディオ信号の伝送系路に設けたコンボルバ 2 L、2 R のフィルタ係数を算出し、畳み込み演算してスピーカ 4 L、4 R の応答特性を補正することにより振幅及び位相特性を補正する理想インパルス応答を実現するためのシステム構成図である。

【0013】図 2 において、11 はデジタルデータとしての理想インパルスを送出するデジタル I/O ボード、6 はデジタル I/O ボード 11 の出力を D/A 変換する D/A コンバータ、7 はその変換された信号を増幅してスピーカ 4 L (又は 4 R) に入力する増幅器、8 はスピーカ 4 L (又は 4 R) から出力された信号を取り込むマイクロホン、9 はマイクロホン 8 で取り込んだ信号を増幅する増幅器、10 はその増幅出力を A/D 変換する A/D コンバータで、上記 A/D コンバータ 10 からの出力は、デジタル I/O ボード 11 及びコンピュータ 12 を介してワークステーション 13 にインパルス応答として取り込まれ、補正をかける前のスピーカ 4 L (又は 4 R) の特性測定が行われ、測定したインパルス応答波形を元にフィルタ係数が係数データとして演算出力される。なお、マイクロホン 8 の特性は必要に応じて演算の過程で補正される。

【0014】すなわち、I/O ボード 11 は測定信号を発生する測定信号発生手段を構成し、また、D/A コンバータ 6、増幅器 7、スピーカ 4 L、マイクロホン 8 ~ ワークステーション 13 の経路の構成は測定信号に基づ

いたオーディオ信号伝送系の応答である振幅特性及び位相特性を求める応答特性測定手段を構成し、さらに、ワークステーション 13 は求めた応答特性のうち所定の帯域の振幅を平均化するように置き換えたターゲット特性を決定するとともにオーディオ信号伝送系の応答が前記ターゲット特性に収束するようにオーディオ信号伝送系内に設けたコンボルバのフィルタ係数を求める演算手段を構成しており、スピーカの特性を打ち消し実質的に平坦化した特性に補正して音質改善を図るシステムを実現している。

【0015】図 2 に示す構成によるスピーカ 4 L、4 R のインパルス応答の測定は、無響室でマイクロホン 8 を使って測定され、例えば 4096 回のサンプルを用い、1000 回の同期加算を行い誤差を抑えて測定される。図 3 は、かかる測定システムにより得られるインパルス応答波形  $h(t)$  を示し、また、図 4 (a) はインパルス応答波形  $h(t)$  をフーリエ変換した振幅特性を示す波形で、図 4 (b) は、目標となる特定特性のインパルス応答  $f_0(t)$  の波形を示す。

【0016】ここで、図 2 に示すワークステーション 13 は、まず、フィルタ係数を求める際、図 4 (a) で示す補正前の振幅特性に対し、150 Hz から 8000 くらいの中帯域を実質的に平均化すべき補正帯域とし、この帯域以外の低域及び高域は補正不可能な帯域とする。

【0017】そして、前記の補正帯域のうち、150 Hz から 1600 Hz 程度の周波数帯域を前述の問題点の項で指摘した 1) 及び 2) に起因して生じるいわゆるピストン帯域 (スピーカコーンがうねりを伴うことなく音圧に応じて全体的に振動するような帯域) のレベルを平均化し、これを越える帯域は前述の問題点 3) として指摘したスピーカコーンにうねりが生じる帯域と認定して、この帯域における平均レベル以上のレベルを平均レベルに抑えるようなターゲット特性として設定し、フィルタ係数を算出する。

【0018】すなわち、その測定特性 (インパルス応答波形  $h(t)$  に係る振幅特性) に基づいて補正した振幅特性である図 4 (b) に示す特定特性のインパルス応答  $f_0(t)$  を求め、上記特定特性のインパルス応答  $f_0(t)$  と上記インパルス応答波形  $h(t)$  から得られる拡大行列  $H$  と、その転置行列  $H^T$  と  $f_0(t)$  を 1 列とした行列  $F_0$  によって、 $H^T H G = H^T F_0$  を満たす 1 列からなる行列式  $G$  の各要素を図 1 に示すコンボルバ 2 L と 2 R のフィルタ係数  $g(n)$  とする。

【0019】以下に上記行列式の解について述べる。本実施例では、上記の構成により行列式を満たす解を求めることで、時間軸上で一義的に応答波形が得られる。具体的には、レビンソンアルゴリズムを用いた最小 2 乗法 (参考文献: 「デジタルフィルタの応用入門」、日本音響学会誌 43 巻 4 号 (1987)、浜田晴夫) に従ってコンボルバの入力端と出力端で得られるインパルス応答

の差の2乗を最少とするようなフィルタ係数を得るものとする。

【0020】今、コンボルバのインパルス応答の離散係数を  $g_1, g_2, \dots, g_{m-1}$  とすると、マイクロホン位置での離散的応答  $f_0, f_1, \dots, f_{n+m-2}$  は次式で表せる。

【0021】

【数1】

$$\begin{pmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_{n+m-2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_0 & 0 & \dots & 0 \\ h_1 & h_0 & \dots & 0 \\ h_2 & h_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n-1} & h_{n-2} & \dots & h_0 \\ 0 & \dots & \dots & h_1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & h_{n-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_0 \\ g_1 \\ \vdots \\ g_{m-1} \end{pmatrix} \quad (2)$$

【0024】となり、式(2)は、さらに、

$$F = HG$$

と表現することができる。ここで、入力のインパルス  $F$  0 とマイクロホン位置でのインパルス応答  $F$  の差の2乗

$$P = (F - F_0)^T (F - F_0)$$

$$= (HG - F_0)^T (HG - F_0)$$

$$\frac{\partial P}{\partial G} = 2H^T HG - 2H^T F_0$$

【0026】を演算する。ただし、 $T$ は転置行列である

$$HT HG = HT F_0$$

となるような解  $G$  を決定すればよい。すなわち、フィルタ係数を上式(5)のように設定することにより、伝送特性が補正され、マイクロホン位置における振幅・位相特性がピストン帯域において平均化され、それより高い帯域において平均レベル以上のレベルを平均レベルに抑えるように補正し、これら以外の低域及び高域は補正不可能な帯域として補正せず、実際のインパルス応答波形と同一の特性とする。このようにして、忠実な原音質を再現し、スピーカやヘッドホンで避けられなかった音像の歪みを除去することができ、また、中域以外の低域及び高域の周波数帯域では実際のスピーカ等測定系と同一の特性が得られ、実際のスピーカの特性を考慮して適合させた自然なオーディオ信号を同時に楽しむことができる。

【0027】図5は図2に示す測定システムを用いてワークステーション13によりフィルタ係数を設定する制御動作を示すフローチャートである。まず、図2に示す測定システムにより、スピーカの応答を測定し(ステップS1)、このインパルス応答波形  $h(t)$  をフーリエ変換(FFT: 周波数-時間軸変換)して振幅特性を得る(ステップS2)。次に、ステップS3において、補

$$f_p = \sum_{i=0}^{n+m-2} h_i g_{i-p} \quad (1)$$

【0022】ただし、 $h_i$  は伝達特性、 $p$  は  $p=0, 1, \dots, n+m-2$ 。式(1)を行列で表現すると、

【0023】

【数2】

$$= (GT HT - F_0 T) (HG - F_0)$$

$$= GT HT HG - F_0 T H G - GT HT F_0 + F_0 T F_0$$

となり、評価関数  $P$  が最少となるためのコンボルバのインパルス応答  $G$  を求めるために、

【0025】

【数3】

$$(3)$$

ことを表す。そして、式(4)  $= 0$  から

$$(5)$$

正しない低域及び高域を決定すると共に、それら帯域の各ポイントのレベルを決定する。

【0028】一方、ステップS4において、ピストン帯域の平均レベルを求める。ここでは、全てのポイントの平均化でも良く、また、任意間隔の平均化でも良い。次に、この平均化レベル、例えば、88dBをピストン帯域のレベルとして設定する(ステップS5)。

【0029】そして、うねりが生じると推測される  $ka > 1$  となる帯域を設定する。すなわち、低域共振より十分高い周波数(目安は慣性制御領域)から  $ka = 1$  になる周波数までの周波数を設定する。

【0030】次に、ステップS7において、ステップS2において得た測定後の変換結果と、平均レベルを比較し、変換結果のレベルの方が小であれば、そのままステップS9に進み、変換結果のレベルが大であれば、ステップS8に進み、各ポイントのレベル、即ち、前述の平均レベルに設定する。

【0031】ステップS9では、補正帯域外の低域及び高域の各ポイントデータと、ステップS8において行われた補正データとを合成し、この合成されたデータを逆周波数変換(IFFT)する(ステップS9, 10)。そし

て、最後にステップ S 1 0 において、最小 2 乗法により、目標周波数／測定周波数を演算してコンボルバの係数を得る。

【0032】このように、本実施例では上記したような特性を得られる係数に基づいて音声処理することにより、特に、高音域の音源が忠実に再現できる。尚、上記実施例では、ピストン帯域を越える帯域において平均レベル以上の音圧を平均レベルに抑えるように補正しているが、平均レベルに限ることはなく予め設定した包絡特性に沿うように補正しても良い。また、上記実施例で

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のオーディオ信号伝送回路によれば、特に、スピーカコーンにうねりが生じてしまうような高帯域の音圧の所定レベル以上を所定レベルに抑えるようにしているので、高音域の音

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施例としてのオーディオ信号伝

送回路の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明に係るコンボルバのフィルタ係数の測定システムを示す構成図である。

【図 3】補正前のインパルス応答波形を示す説明図である。

【図 4】図 3 のインパルス応答波形をフーリエ変換した振幅特性及びターゲット特性を示す特性図である。

【図 5】図 2 に示す測定システムを用いてワークステーション 1 3 によりフィルタ係数算出するためのフローチャートである。

【符号の説明】

2 L, 2 R コンボルバ

4 L, 4 R スピーカ

7, 9 増幅器

7 L, 7 R 切換器

8 マイクロホン

10 A/Dコンバータ

11 デジタル I/O ボード (測定信号発生手段)

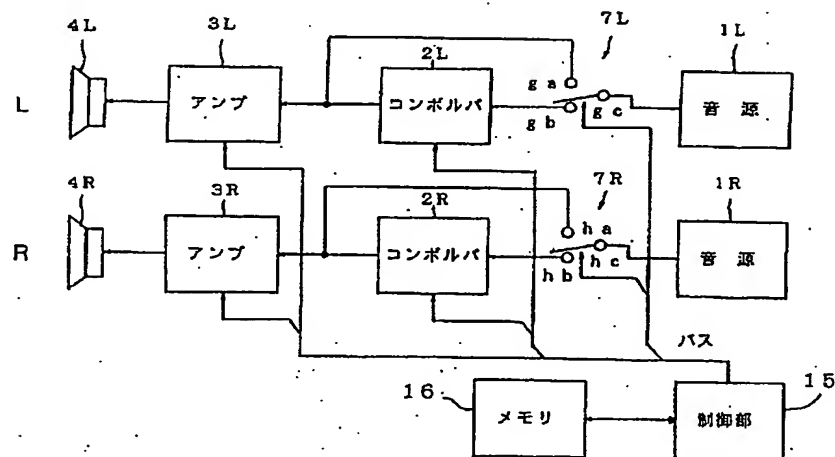
12 コンピュータ

13 ワークステーション (演算手段)

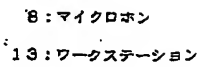
15 制御部 (メモリ 16 とともに係数供給手段を構成する)

16 メモリ

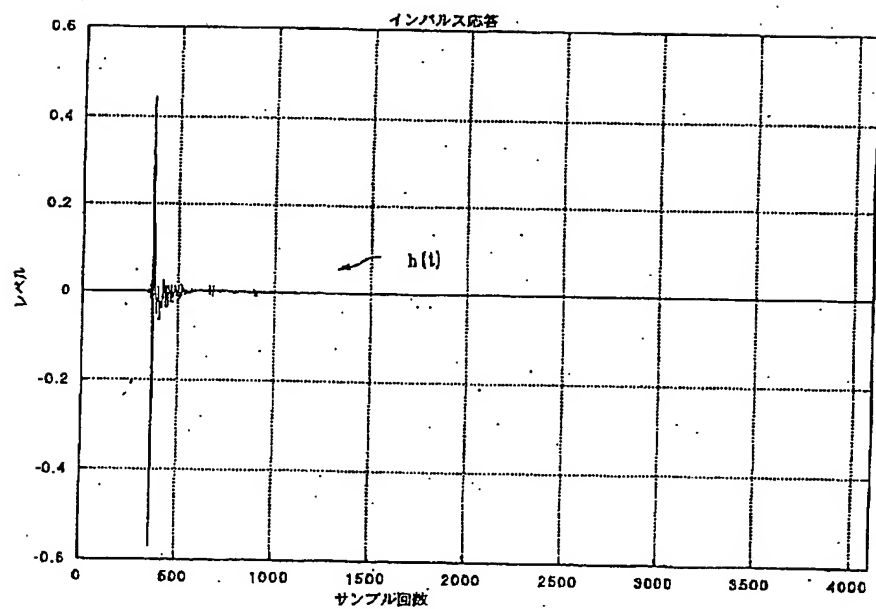
【図 1】



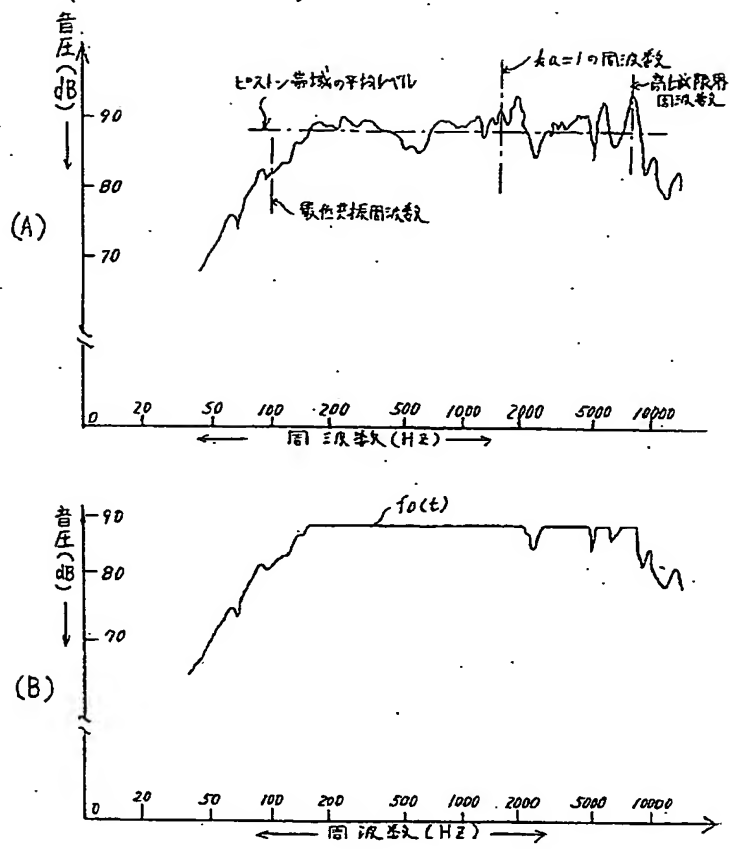
【圖 2】



【図 3】



【図4】



【図 5】

